

# *Desain Parameter Akusisi Seismik 3D Menggunakan Metode Statik dan Dinamik dengan Study Kasus Model Geologi Lapangan “ITS”*

Winda Hastari, Bagus Jaya Santosa

Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: bjs@physics.its.ac.id

**Abstrak**— Dalam penelitian ini telah dilakukan untuk menentukan desain parameter akusisi seismik yang ideal dari target tertentu dari lapangan “ITS” berdasarkan model geologi yang telah dibuat sehingga akan didapatkan data seismik yang baik yang akan memudahkan dalam pengolahan data (*processing*). Pada penelitian ini menggunakan metode static yang meliputi pembuatan model geologi dengan memperhatikan data geologi daerah setempat menggunakan software *Tesseral*, pembuatan template menggunakan software *Mesa Expert 12* dan *Processing* data menggunakan software *Omega* untuk mendapatkan hasil *stack* kemudian dibandingkan antara hasil *stack* dengan model geologi awal yang telah dibuat. Adapun parameter yang digunakan untuk mengetahui seberapa tepat parameter yang telah kita *input* kan antara lain frekuensi, jarak antar *shotpoint*, *binsiz*, dan variasi penembakan berdasarkan nomor *shotpoint*. Frekuensi yang digunakan 10 Hz dan 23 Hz, jarak antar *shotpoint* yang digunakan 50 meter dan 80 meter sehingga *binsize* yang digunakan 25 meter dan 40 meter karena nilai *binsize* merupakan setengah dari nilai jarak *shotpoint*. Frekuensi 23 Hz lebih dapat membedakan lapisan tipis daripada ketika menggunakan frekuensi 10 Hz sedangkan frekuensi 10 Hz lebih baik dalam penetrasi kedalaman. Jarak antar *shotpoint* 50 meter menghasilkan data dengan kualitas lebih baik karena dengan jarak yang lebih kecil akan menggunakan jumlah *shotpoint* lebih banyak. Saat menggunakan *binsize* yang lebih kecil ukurannya akan menghasilkan *fold* lebih banyak sehingga kualitas data yang dihasilkan lebih baik. Variasi pun dilakukan saat penembakan, penembakan yang menggunakan *shotpoint* bernomor ganjil menghasilkan kualitas data lebih baik dibandingkan ketika penembakan menggunakan *shotpoint* yang bernilai genap. Hasil *stack* yang merupakan hasil dari *processing* sudah menunjukkan kemiripan dengan model geologi yang telah dibuat sehingga dapat dikatakan input parameter yang digunakan sudah tepat.

**Kata Kunci** : *parameter akusisi, shotpoint, binsize, Prinsip Huygens, fold coverage*

## I. PENDAHULUAN

DESAIN survei seismik merupakan metoda pemilihan parameter akuisisi data dengan mempertimbangkan target yang akan dicapai dan masalah-masalah yang akan dihadapi dalam proses akuisisi data. Penentuan parameter ini sangat penting karena akan menentukan kualitas data yang akan diperoleh. Parameter akuisisi dari suatu lapangan biasanya tidak sama dengan lapangan yang lain. Maksud dari penentuan desain survei seismik adalah untuk menetapkan parameter awal dalam suatu rancangan survei seismik yang dipilih sedemikian rupa sehingga dalam

pelaksanaannya akan diperoleh informasi target selengkap mungkin dengan *noise* serendah mungkin (perbandingan S/N ratio tinggi). Kualitas data seismik yang baik akan membantu pekerjaan pemrosesan data dan meningkatkan ketelitian dalam interpretasi data seismik sehingga akan didapatkan penampang seismik yang benar-benar mencitrakan kondisi geologi bawah permukaan.

Untuk mendapatkan kualitas data seismik yang baik perlu dilakukan desain survei seismik yang paling optimal sehingga target yang diinginkan dapat tercapai dengan memperhitungkan anggaran survei seismik yang akan dilakukan. Untuk melakukan desain survei seismik ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan yaitu kedalaman, *Vrms*, *Fmax*, *dip* (kemiringan maksimum target), dimensi zona target, ukuran bin (*binsize*), *fold* (*multiplicity*), *receiver interval*, *shotpoint interval*, *shot line interval*, dan *receiver lineinterval*. Menggunakan parameter-parameter tersebut akan dapat dilakukan sebuah analisa mengenai seberapa besar pengaruh antar parameter dalam suatu survey.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Gelombang Seismik

Gelombang secara umum adalah fenomena perambatan gangguan dalam medium yang mengalami perbedaan distribusi *stress* dalam domain waktu. Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat interaksi antara gaya gangguan (*gradient stress*) melawan gaya-gaya elastik. Berdasarkan lintasannya gelombang seismik dapat dibedakan sebagai berikut:

#### a. Gelombang langsung

Gelombang yang merambat dari sumber langsung ke penerima melewati lapisan pertama.

#### b. Gelombang pantul

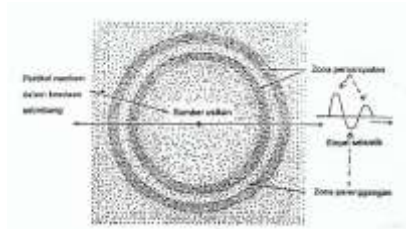
Gelombang yang terbentuk pada batas antara lapisan apabila nilai kecepatan pada lapisan 1 lebih kecil dari kecepatan lapisan 2 dan kemudian dipantulkan kembali.

#### c. Gelombang bias

Gelombang yang melewati dua medium yang mempunyai kecepatan rambat yang berbeda.

### 2.2 Sumber Gelombang Seismik

Terdapat beberapa jenis sumber gelombang seismik buatan yang biasa dipergunakan dalam akuisisi survei seismik yaitu dinamit, *air gun* maupun *vibroiseis*.



Gambar 1. Pemampatan dan perenggangan partikel-partikel medium akibat adanya sumber usikan dapat dinyatakan dalam bentuk grafik tekanan atau pergeseran partikel sebagai fungsi jarak atau waktu yang disebut sebagai sinyal seismik

Gradien tegangan mengakibatkan terganggunya gaya-gaya di dalam medium sehingga terjadi pergeseran titik materi yang mengakibatkan deformasi yang menjalar dari satu titik ke titik lain seperti terlihat pada Gambar 1.

### 2.1.2. Tipe Gelombang Seismik

Tipe gelombang seismik dibedakan berdasarkan cara bergetarnya, tempat menjalarnya dan bentuk muka gelombangnya [1].

#### a. Menurut Cara Bergetarnya

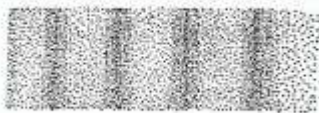
Desain survei seismik dibuat berdasarkan prinsip-prinsip pada metode seismik pantul. Dalam membicarakan desain dan susunan geometri survei seismik maka akan sangat membantu apabila dapat mengenal dua tipe (jenis) gelombang yang sering ditemukan dalam survei seismik yaitu:

##### - Gelombang P (*P-wave*)

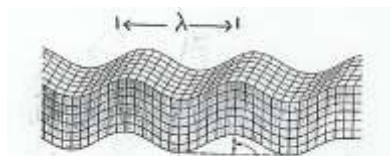
Gelombang P lebih dikenal sebagai gelombang longitudinal (*longitudinal wave*) atau gelombang primer, dan bersifat sebagai gelombang tekan (*compressional wave*) karena terbentuk dari osilasi tekanan yang menjalar dari satu tempat ke tempat lain [2].

##### - Gelombang S (*S-wave*)

Gelombang S dikenal juga sebagai gelombang transversal (*transversal wave*) yang bersifat sebagai gelombang geser (*shear-wave*) dengan gerakan partikel medium tegak lurus terhadap arah penjalaran gelombangnya (Gambar 4.). Gelombang ini disebut juga gelombang rotasi [2].



Gambar 5. Gelombang P atau gelombang kompresi

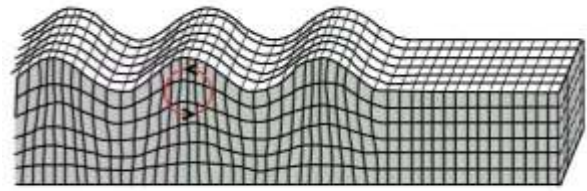


Gambar 3. Gelombang S atau Gelombang Transversal

#### b. Menurut Tempat Menjalarnya

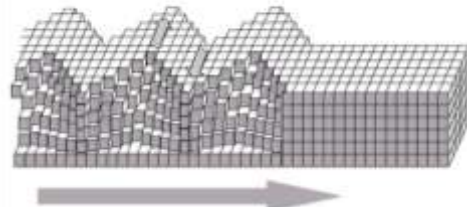
Gelombang seismik dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu gelombang tubuh (*body wave*) yang menjalar masuk menembus medium dan gelombang permukaan (*surface wave*). Beberapa gelombang yang termasuk dalam gelombang permukaan adalah gelombang Rayleigh, gelombang Love, Rayleigh (Gambar 4), Love (Gambar 5) dan gelombang Stoneley ataupun gelombang tabung.

### Rayleigh Wave



Gambar 4. Gelombang Rayleigh. Partikel medium bergerak pada bidang vertical mengikuti pola elips sementara penjalaran ke arah lateral

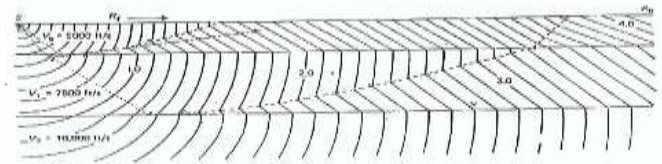
### Love Wave



Gambar 5. Gelombang Love. Partikel medium bergerak pada bidang horisontal mengikuti pola elips sementara penjalaran ke arah lateral

#### c. Menurut Bentuk Muka Gelombangnya

Gelombang seismik dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu gelombang bidang/datar, gelombang silinder, gelombang bola dan gelombang kerucut [3].



Gambar 6. Penjalaran gelombang dalam bentuk diagram muka gelombang dua dimensi

Pada Gambar 6 terlihat bahwa sumber S memancarkan gelombang bola di lapisan pertama. Di lapisan kedua yang kecepatannya yang sama dengan daripada lapisan pertama, muka gelombangnya lebih cepat menjalar. Pada sudut datang lebih besar dari sudut kritis muncul gelombang *head wave* yang muka gelombangnya berupa bidang datar bergerak dengan kecepatan  $V_2$  yang lebih besar. Hal yang sama terjadi pada bidang batas antara lapisan dua atau tiga [3].

### 2.2. Parameter Desain

Berikut ini parameter-parameter yang diperlukan saat melakukan akusisi seismik:

#### 2.2.1. Parameter untuk Shot Point (SP)

Yang termasuk dalam parameter untuk *shot point* adalah jarak antar *shot*, jarak antar *shot line*, posisi *shot point*, *azimuth* (arah) dari *shot line*, jumlah *shot point* tiap *shot line* (SL), dan jumlah *shot line*-nya.

#### 2.2.2. Parameter untuk Receiver (Trace)

Yang termasuk dalam parameter *receiver* adalah jarak antar *trace* (*receiver*), jarak antara *receiver line* (RL), posisi *receiver* terhadap *shotpoint*, *azimuth* (arah) dari *receiver line*, dan jumlah *receiver line*-nya.

### 2.2.3. Parameter untuk Penembakan

Yang termasuk dalam parameter untuk penembakan adalah jumlah bentangan (RL) yang aktif setiap *swath*-nya, jumlah *receiver* yang aktif di tiap bentangan, jumlah tembakan tiap *salvo*, dan tipe dari *spread*-nya (Vermeer G.J.O., 2002) adalah:

#### a. Offset

Offset adalah jarak antara titik tembak dengan penerima terdekat. Terdiri dari duamacam yaitu offset dekat dan offset jauh.

#### b. Fold (*Fold coverage*)

*Fold coverage* adalah jumlah pantulan yang mengenai suatu bidang pantul pada batuan.

$$\text{Fold Coverage} = \frac{1}{2} \times \frac{RI}{SI} \times \text{number of channel} \quad (2.1)$$

dimana:

RI = jarak antar receiver

SI = jarak antar source

#### c. Frekuensi Geophone

Suatu geophone mampu merekam gelombang seismik sampai batas frekuensi rendah tertentu untuk refleksi dan refraksi dan untuk frekuensi tinggi biasanya cukup besar. Responsibilitas geophone ini disebabkan oleh adanya faktor peredaman (*damping*) dari gerakan massa terhadap koil di dalam geophone.

#### d. Bentang geophone (*geophone array*)

Bentuk konfigurasi yang sering dipergunakan adalah *off-end spread*, *split spread* dan *assimetry split spread*.

#### e. Ukuran bin (*Spasial sampling*)

Liputan bawah permukaan *disampling* dalam luasan-luasan kecil yang dinamakan *bin*. *Bin Size* adalah jarak maksimal antar *trace* yang diperlukan untuk menggambarkan suatu geometri bawah permukaan secara benar (tidak mengalami *aliasing*). Kemiringan suatu perlapisan, patahan dan anomali lainnya dapat tergambar secara benar. *Bin size* juga diperlukan untuk membedakan sifat suatu tubuh batuan dengan batuan di sekitarnya. Adapun perumusan untuk menentukan *bin* adalah:

$$\text{Bin size} = \frac{V_{avg}}{4 \times f_{max} \times \sin(\alpha)} \quad (2.2)$$

dimana

$V_{avg}$  : kecepatan rata-rata (dari lapisan paling atas sampai lapisan target)

$f_{max}$  : frekuensi maksimal

$\alpha$  : kemiringan lapisan target

#### f. Tuning Thickness

Ketebalan tuning adalah batas minimal ketebalan lapisan batuan yang mampu dilihat atau dibedakan oleh gelombang seismik. Besar ketebalan *tuning* dapat dirumuskan :

$$\text{Besar ketebalan tuning} = \frac{1}{4} \times \text{panjang gelombang} \quad (2.4)$$

### 2.3. Survei Seismik 2D dan Survei Seismik 3D

Penentuan obyektif survei seismik 3D lebih sulit dibandingkan survei seismik 2D, hal ini disebabkan karena parameter akuisisi seismik 3D lebih sulit diubah pada saat survei seismik telah berjalan. Peralatan seismik 3D lebih banyak dilapangan dan posisi peralatan lebih lama berada di lapangan, sehingga bisa dipengaruhi oleh lingkungan, cuaca,

kendaraan, pencurian dan kerusakan satwa liar. Pengambilan *spatial sampling* seismik 3D biasanya lebih kasar dari pada program seismik 2D. Hal ini penting untuk memutuskan apakah sampling kasar cukup untuk menyelesaikan struktur *dip* dan gambaran fitur geologi dengan benar. Tidak ada peraturan khusus untuk jenis *array* yang digunakan dalam seismik 3D. Sumber getar (*source*) dan *receiver* seismik 3D yang dipasang di permukaan dan perekaman data seismik 3D mempunyai *azimuth* yang tidak terdapat pada seismik 2D, dimana distribusi diupayakan sebaran *azimuth* bagus. Jika suatu fenomena muncul pada suatu profil seismik 2D tidak bisa menentukan arah penyebabnya. Sebaliknya migrasi 3D lebih baik dalam hal *positioning* untuk melihat anomali yang ada.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada tugas akhir kali ini berupa *software* Messa Expert 12.00, *software processing* Omega dan *software* Tesseral.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Model geologi yang telah dibuat kemudian diolah menggunakan *software Tesseral Pro* sehingga akan didapatkan data berupa *gather*. Satu *shot point* akan menghasilkan satu *gather*. Pada penembakan ini kita menggunakan variasi ukuran jarak antar *shotpoint* dan frekuensi. Jarak antar *shotpoint* yang digunakan adalah 50 meter dan 80 meter sedangkan variasi frekuensi yang digunakan adalah 10 Hz dan 23 Hz. *Gather* yang merupakan *output* Omega berupa *stack*. Hasil *stack* kemudian dibandingkan menggunakan dengan model geologi yang dibuat. Apabila antara hasil *stack* dengan model geologi awal sudah mirip maka dapat dikatakan parameter yang telah di inputkan sudah tepat.

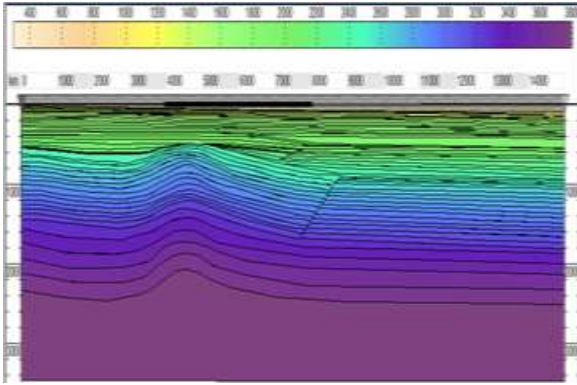
Untuk memudahkan melakukan simulasi survei seismik 3D, maka dalam membuat suatu parameter survei seismik 3D digunakan suatu *Software Mesa Expert 12.00* yang dapat menghasilkan parameter desain dari suatu survei seismik. Selain itu juga digunakan *software* pendukung seperti *Tesseral* untuk membuat pemodelan geologi dan melihat penjalaran gelombangnya, dan juga menggunakan *Software Processing Omega* untuk melakukan pengolahan data sintetik.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembuatan model geologi

Asumsi geologi diperoleh dari data lintasan seismik lama yang diinversi namun pada pengerjaan kali ini tidak menggunakan data lapangan sehingga kita harus membuat model geologi sederhana yang ideal. Model yang dibuat haruslah seideal mungkin agar memudahkan kita dalam prosesing data.





Gambar 7. Penampang model geologi

#### 4.2 Data Parameter Akusisi

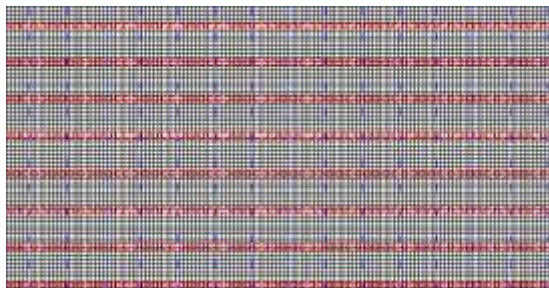
Setelah melalui proses perhitungan, didapatkan nilai parameter akusisi sebagai berikut :

Tabel 4.3 Parameter akusisi

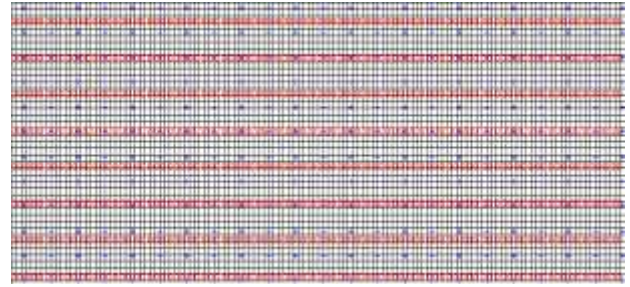
Paramter	Nilai
Jarak <i>Shotpoint</i> (SP)	50 meter dan 80 meter
Jumlah <i>Shotpoint</i> (SP)	301 buah
Jumlah <i>Receiver</i>	128 buah
Jarak <i>receiver</i>	50 meter dan 80 meeter
Konfigurasi pengukuran	<i>Semetrical spread split</i>
Sampling rate	2 ms
Depth	3500 meter
Binsize	25 meter dan 40 meter
Frekuensi	10 meter dan 23 Hz
<i>Vrms</i>	2223.59 m/s

#### 4.3 Pembuatan Template

Pada gambar di bawah ini akan ditunjukkan posisi *receiver* dan *source* dengan jarak 50 meter dan 80 meter menggunakan konfigurasi penembakan *symetrical spread split*. Pada jenis konfigurasi ini *shotpoint* berada di tengah-tengah diantara *receiver* yang secara keseluruhan berjumlah 128 buah. Pada gambar di bawah ini akan digambarkan persebaran *fold* ketika menggunakan ukuran bin yang berbeda.



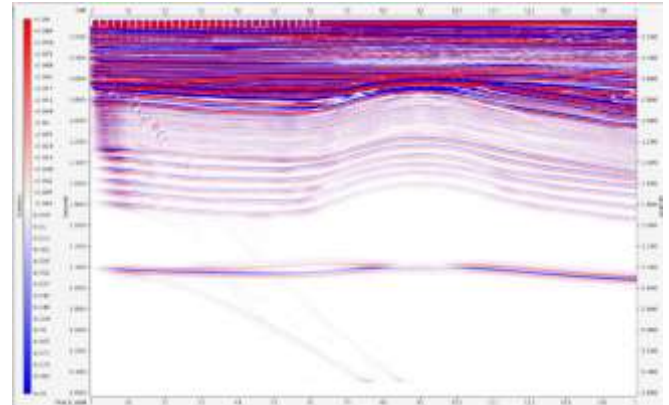
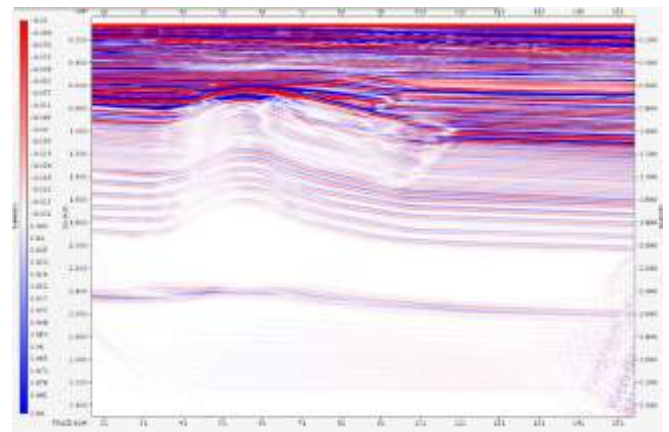
Gambar 8. Template penembakan ketika menggunakan binsize 25 meter



Gambar 9. Template penembakan ketika menggunakan binsize 40 meter

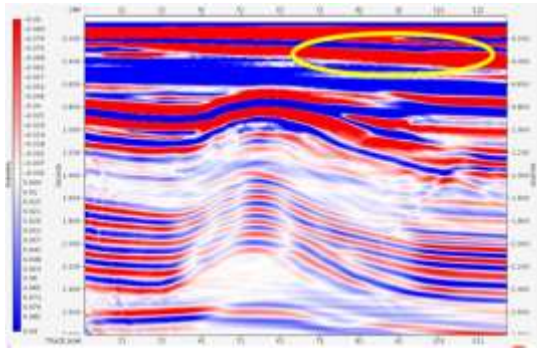
#### 4.4 Pengolahan data seismik

##### 4.4.1 *Stack* dengan variasi jarak *shotpoint*

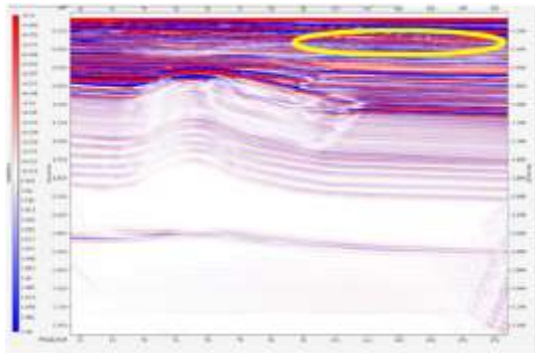
Gambar 10. Hasil *stack* menggunakan jarak *shotpoint* 50 meter dan frekuensi 23 HzGambar 11. Hasil *stack* menggunakan jarak *shotpoint* 80 dan frekuensi 23Hz

Pada gambar 10 dan gambar 11 merupakan hasil *stack* yang menggunakan frekuensi 23 Hz dengan variasi interval *shotpoint* 50 meter dan 80 meter. Pada saat menggunakan interval *shotpoint* 50 meter dapat merekam setiap lapisan secara jelas dibandingkan ketika menggunakan interval *shotpoint* 80 meter. Ketika menggunakan interval *shotpoint* yang lebih pendek dibutuhkan lebih banyak jumlah *shotpoint* sehingga persebaran *fold* akan dan S/N lebih baik pula. Oleh karena itu ketika menggunakan interval *shotpoint* 50 meter menghasilkan kualitas *stack* lebih bagus dibandingkan ketika menggunakan interval *shotpoint* 80 meter.

#### 4.4.2 Stack dengan variasi frekuensi



Gambar 12 Hasil stack pada frekuensi 10 Hz dan jarak *shotpoint* 50 meter

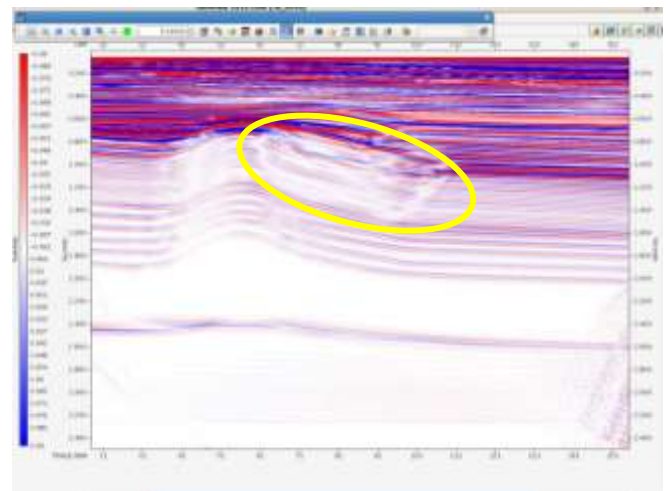


Gambar 13 Hasil stack pada frekuensi 23 Hz dan jarak *shotpoint* 50 meter

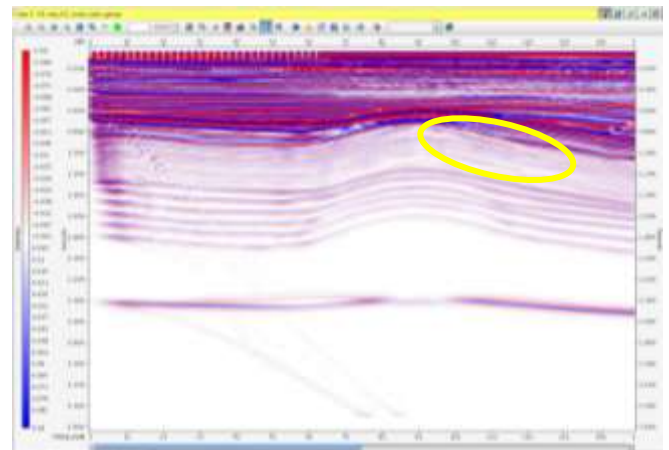
Pada frekuensi 10 Hz lapisan-lapisan yang sangat tipis tidak terlihat dan menjadi satu dengan lapisan tipis lainnya sehingga pada lapisan yang dihasilkan terlihat tebal sehingga kita tidak dapat membedakan batas lapisan yang sebenarnya. Hal ini terjadi karena frekuensi yang diberikan kecil sehingga energi yang terdistribusi ke *subsurface* pun lemah yang mengakibatkan tidak dapat tergambarkannya kondisi bawah permukaan secara detail. Saat melewati patahan dan kubah garam terlihat kabur. Hal ini sesuai dengan prinsip Huygens yang menyatakan bahwa setiap titik-titik pengganggu yang berada di depan muka gelombang utama akan menjadi sumber bagi terbentuknya deretan gelombang yang baru. Jumlah energi baru akan sama dengan energi utama. Di dalam eksplorasi seismic titik-titik pengganggu tersebut dapat berupa patahan, rekahan, pembajian, antiklin, dll. Deretan gelombang baru ini berupa difraksi. Difraksi reflektor semu yang diakibatkan penghamburan gelombang utama yang menghantam ketidamenerusan dalam hal ini berupa patahan dan kubah garam (antiklin). Pada penampang *stack* di atas terlihat adanya efek *bowtie* yang berada pada patahan. Efek *bowtie* ini akan menggambarkan batas perlapisan pada batuan menjadi saling bersilangan.

Berdasarkan teori gelombang seismic, semakin tinggi frekuensi yang diberikan akan semakin baik pula gelombang tersebut dalam membedakan lapisan tipis. Oleh karena itu hasil *stack* yang menggunakan frekuensi 23 Hz pada Gambar 13 batas perlapisannya dapat terlihat dengan jelas. Pada Gambar 12 terlihat banyak reflektor bidang bawah dan bidang atas yang bersatu menjadi reflektor tunggal sehingga lapisannya terlihat tebal.

#### 4.4.3 Stack dengan variasi penembakan



Gambar 14 Penembakan dilakukan menggunakan *shotpoint* yang bernomor ganjil

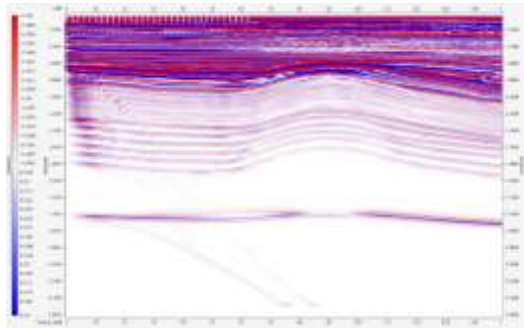


Gambar 15 Penembakan dilakukan menggunakan *shotpoint* secara keseluruhan

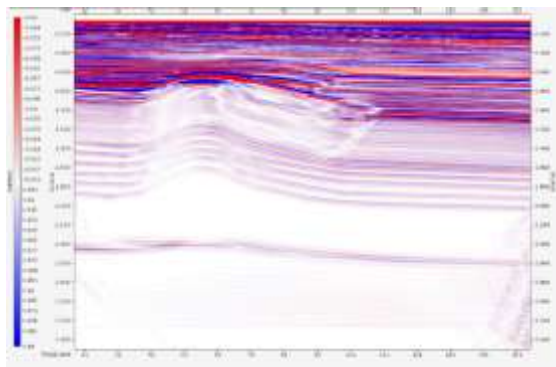
Setelah melihat hasil *stack* menggunakan variasi frekuensi dan jarak *shotpoint* kini kita juga mendapatkan perbedaan hasil *stack* yang menggunakan variasi penembakan. Penembakan hanya dilakukan pada *shotpoint* yang bernomor ganjil ataupun pada *shotpoint* secara keseluruhan. Pada Gambar 14 menunjukkan hasil *stack* lebih baik dari Gambar 15. Saat penembakan dilakukan pada *shotpoint* bernomor ganjil terlihat banyak terjadi efek difraksi tepatnya pada antiklin. Hal ini menunjukkan bahwa ketika melakukan penembakan menggunakan *shotpoint* secara keseluruhan menghasilkan kualitas data lebih baik jika dibandingkan ketika menggunakan hanya *shotpoint* yang bernomor ganjil. Variasi ini tidak memberikan perbedaan yang signifikan hanya ketika melakukan penembakan hanya menggunakan *shotpoint* yang bernomor ganjil struktur kompleks tidak dapat dibedakan perlapisannya dengan baik.



#### 4.4.4 Stack dengan variasi *binsize*



Gambar 16 Hasil *stack* dengan *binsize* 25 meter dan frekuensi 23 Hz



Gambar 17 Hasil *stack* dengan *binsize* 40 meter dan frekuensi 23 Hz

Jika melihat beberapa penampang *stack* di atas, terdapat beberapa perbedaan saat menggunakan *binsize* 25 meter dan 40 meter. Jika melihat kualitas data yang dihasilkan lebih baik ketika menggunakan *binsize* 25 meter daripada *binsize* 40 meter. Menurut teori yang ada semakin kecil *binsize* maka persebaran *fold* akan semakin banyak sehingga kualitas data akan semakin baik. Hal ini terbukti pada gambar penampang *stack* di atas. Pada saat menggunakan *binsize* 25 kemenerusan data lebih baik dibandingkan saat menggunakan *binsize* 40.

## V. KESIMPULAN & SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari proses penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pembuatan model geologi harus disesuaikan dengan kondisi geologi yang sebenarnya agar parameter yang digunakan tepat
2. Indikasi suatu parameter yang digunakan sudah tepat ketika hasil *stack* yang dihasilkan sudah menggambarkan kondisi bawah permukaan bumi dengan baik sesuai dengan model geologi yang telah dibuat sebelumnya
3. Saat menggunakan frekuensi 10 Hz lapisan-lapisan yang sangat tipis tidak terlihat sehingga beberapa lapisan terekam menjadi reflektor tunggal sedangkan frekuensi 23 Hz dapat mencitrakan lapisan-lapisan tipis dengan baik
4. Saat menggunakan frekuensi 10 Hz dapat menggambarkan lapisan bawah permukaan lebih baik dibandingkan ketika menggunakan frekuensi 23 Hz
5. Saat menggunakan *binsize* 25 meter memberikan hasil *stack* dengan resolusi yang lebih bagus daripada ketika menggunakan *binsize* 40 meter

6. Pada saat melakukan penembakan menggunakan *shotpoint* secara keseluruhan memberikan kualitas resolusi vertikal dan horisontal lebih baik daripada ketika penembakan hanya menggunakan *shotpoint* yang bernomor ganjil saja.

### 5.2 Saran

1. Dalam sebuah akuisisi seismic tidak hanya bertujuan untuk mendapatkan kualitas data sebaik mungkin namun harus bisa menekan biaya akuisisi serendah mungkin
2. Perlu dilakukan perhitungan biaya akuisisi dan dikorelasikan dengan penentuan desain parameter yang tepat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina UTC yang telah menyediakan fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada Prof. Dr.rer.nat Bagus Jaya Santosa, S.U. karena atas bimbingannya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

## PUSTAKA

- [1] Suprajitno, M., 2000, Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi, Program Studi
- [2] Bolt, B.A., 1976, Nuclear Explosions and Earthquakes, W.H, Freeman and Co.
- [3] Thornburgh, H.R., 1930, Wavefront Diagram in Seismic Interpretation, Bull, Am,